

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Phase Space Based Damage Detection for Bridge Vibration Monitoring
著者(和文)	TuttiPongsPorjan
Author(English)	Porjan TuttiPongsawat
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11315号, 授与年月日:2019年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:佐々木 栄一,廣瀬 壮一,二羽 淳一郎,岩波 光保,千々和 伸浩,小林 裕介
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11315号, Conferred date:2019/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	土木工学	専攻	申請学位 (専攻分野)：	博士	(学術)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of	
学生氏名：	Porjan		指導教員 (主)：	佐々木 栄一	
Student's Name	TUTTIPONGSAWAT		Academic Supervisor(main)		
			指導教員 (副)：		
			Academic Supervisor (sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「Phase space based damage detection for bridge vibration monitoring (振動モニタリングデータの位相空間分析による橋梁の損傷検知手法の検討)」と題し、英文により、全6章で構成されている。

近年、橋梁においては、部材内部での PC 鋼材の破断、腐食や地震荷重による支承機能の劣化など直接目視確認困難な損傷の発生も報告されており、このような損傷による構造性能への影響が懸念されている。これまで、加速度等振動データに基づく振動特性分析による損傷検知の試みが多くなされているが、分析から得られる振動数、減衰などの評価指標では損傷による変化が明瞭でなく損傷検知が困難であるなどの課題が指摘されている。一方、微小な構造特性変化を捉える手法として、時系列データから多次元の位相空間を構成し、各位相空間上の軌跡形状変化を定量評価する、位相空間分析という分析技術の確立に向けた検討が進められている。本研究は、これまで検知困難であった PC 鋼材の破断、支承機能変化等の損傷を早期検知する手法の構築を目指し、橋梁振動モニタリングデータへの位相空間分析の適用を考え、実大実験および実橋梁の構造解析、長期計測データの活用により、着目すべき評価指標の明確化、新しい評価指標の提案等を行ったものである。

第1章「Introduction (序論)」では、本研究の背景、目的、本論文の構成について述べている。また、既往の研究について整理し、位相空間分析を用いた損傷検知に関するこれまでの取り組み等について説明している。

第2章「Investigation of phase space indices for changes of dynamic properties (振動特性変化が位相空間指標に与える影響に関する検討)」では、位相空間分析より得られる各評価指標 (位相空間指標) に対して、構造物の損傷に伴う振動数あるいは減衰特性の微小変化が与える影響を定量的に明らかにするため、1 自由度系モデルによる振動数および減衰定数に関するパラメトリック解析を行い、位相空間における軌跡形状の変化 (Change of Phase Space Topology, CPST) などの位相空間指標に注目することにより微小な特性変化を検知できる可能性があることを示している。その上で、埋め込み次元や遅れ時間などの位相空間分析における基本パラメータ、計測条件などの影響を考慮し、特性変化量と位相空間指標との関係を示す標準的な位相空間指標の変化曲線を提示している。

第3章「Experimental study on phase space indices on artificially damaged PC girders (人為的に損傷を与えた PC 桁の特性変化検出への位相空間指標の適用性に関する実験的研究)」では、実構造物より採取した PC 桁を対象として、PC 鋼線を段階的に切断することにより損傷の進行を模擬し、各段階で重錘解放あるいはインパクトハンマー打撃による自由振動波形を取得し、位相空間指標の適用性について検討している。その結果、CPST に着目することにより、振動数や減衰比といった従来の評価指標と比べ、より顕著に微小な構造特性変化を捉えられる可能性があることを示している。

第4章「Proposal of a new phase space index for detection of high-frequency mode (高次モード検出のための新しい位相空間指標の提案)」では、橋梁の支承部における損傷として、非対称挙動等の非線形性を呈する状況を想定し、実橋梁を対象とした支承部固定実験及び FEM 解析を行い、非線形性発現による高次モードの発生を確認するとともに、高次モード発生に伴う位相空間における軌跡形状の乱れを定量評価する CPST の分散 (Variance of CPST, VCPST) を新しい評価指標として提案し、高次モードの発生の検知に有効であることを示している。

第5章「Proposal of bridge condition evaluation method from acceleration monitoring data based on phase space indices (橋梁モニタリングデータを用いた位相空間指標に基づく状態評価法の提案)」では、実橋梁において得られた長期振動モニタリングデータを活用し、橋梁の状態を表現する方法として、位相空間指標の長期変動特性を図化した特性カルテという考え方を提案し、具体的に、地震前後の特性変化の分析等へ適用可能性について示している。

第6章「Conclusions and recommendations for future work (結論及び提言)」では、本研究の結論を示すとともに、今後の課題について述べている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 :	土木工学	専攻	申請学位 (専攻分野) :	博士	(学術)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of	
学生氏名 :	Porjan		指導教員 (主) :	佐々木栄一	
Student's Name	TUTTIPONGSAWAT		Academic Supervisor(main)		
			指導教員 (副) :		
			Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Structural Health Monitoring based on vibration responses has been widely used in nowadays. However, a method to analyze and evaluate bridge condition is still not sensitive enough. Even knowing a damage existence, the detection using vibration responses is still a challenging task because some damages affect slightly on the structural dynamic properties. Phase space analysis is a method using information from several dimensions of the vibration response and plots them as phase space topology. It is expected in this study that phase space indices quantitatively represented of phase space topology will enhance the sensitivity of vibration-based damage detection. Therefore, this study proposes a more sensitive bridge condition evaluation method using vibration data based on phase space analysis.

Capability of phase space indices on the detection of slight change of dynamic properties has been investigated. Results show that not only phase space indices changes with the slight change of dynamic properties (simple model, SDOF) but also are sensitive enough to detect the PC tendon damages (experiments on a PC girder). Moreover, due to other features observed on phase space topology, a new phase space index named Variance of Change of Phase Space Topology (VCPST) has been proposed. The index has ability to detect an occurrence of higher mode of vibrations due to nonlinear dynamic behaviors such as bearing damage at a support or bearing gap closing due to expansion of a bridge's span. Capability of the proposed index has been verified with artificial data, FE model, and field-experiment on an actual bridge.

Then, to proposed bridge condition evaluation method, the "Characteristic Medical Chart" based on phase space indices and long-term monitoring data has been constructed. The chart helps engineer follow up bridge condition. Investigation of suspicious events such as earthquake and bridge support condition changes have been demonstrated with the chart.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).